

ジェットフロー形仕切弁のキャピテーションならびに水理特性に関する研究

著者	野崎 智
号	1082
発行年	1989
URL	http://hdl.handle.net/10097/12031

氏 名	野 崎 智 ^{さとし}
授 与 学 位	工 学 博 士
学位授与年月日	平成元年 9 月 13 日
学位授与の根拠法規	学位規則第 5 条第 2 項
最 終 学 歴	昭和 21 年 9 月 台湾総督府立台南工業専門学校機械科修了
学 位 論 文 題 目	ジェットフロー形仕切弁のキャビテーションならびに 水理特性に関する研究
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 大場利三郎 東北大学教授 小林 陵二 東北大学教授 佐藤 敦久 東北大学助教授 井小萩利明

論 文 内 容 要 旨

第 1 章 序 論

水力・原子力発電施設、化学プラントなどの各種産業プラントには、種々の機能を持つ多種多様のバルブが数多く使用され、通常、それらはプラント内で大きな直列系システムを構成している。したがって、たとえばその中の 1 個のバルブでも機能が失われれば、プラント全体の総合的機能が停止してしまう。更に近年、バルブの軽量化、大形化、強力化、高精度化に伴って、水理特性の改良はもちろん高速状態で不可避免的に発生するキャビテーションによる壊食、振動および騒音などの障害の克服が切望されている。以上の観点から、本研究では、水理特性が優れ、微少流量調節が可能なため幅広く使用されているジェットフロー形仕切弁と減勢槽を取り上げ、キャビテーション流れパターンと壊食に深く係わる衝撃圧と騒音との関連性、更には水理特性に関する資料を得ることを目的としている。

第 2 章 ジェットフロー形仕切弁に発生するキャビテーションの観察

本章では、仕切弁(図 1 参照)まわりの流れを取り上げ、種々のキャビテーション係数 σ のもとにキャビテーション、特にその消滅点付近の様相などを詳細に観察した。

図 2 (m : 弁開度, P : 上流静圧)より、発生場所、気泡のタイプ、消滅点 σ_d などが異なる 3 種のキャビテーションの存在を認めた。すなわち、タイプ I (ひも状渦形キャビテーション): ゲートとオリフィス刃の接点付近に生ずる噴流の方向に軸を持つひも状渦の中心部に発生する気泡。タ

タイプⅡ（せん断層形キャビテーション）：オリフィス刃全周を源とする自由せん断層中に発生する微細径の非球状および塊状気泡。タイプⅢ（誘発キャビテーション）：減勢槽内の回流気泡などが、（b）のせん断層内で急変し、微小径の気泡群を誘発したものである。

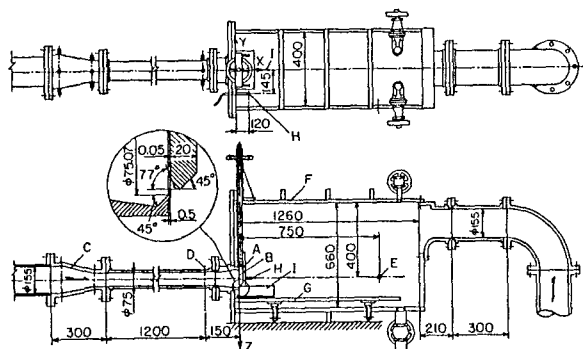


図1 ジェットフロー仕切弁

第3章 ジェットフロー形仕切弁まわりのキャビテーション衝撃圧の空間分布

本章では、壊食衝撃圧の空間的分布を、動的応答特性を明示した感圧紙により測定した。

図3には、管軸上（ $Y=0$ ）のXZ面（図1参照）における感圧紙でとらえた感圧模様、検出した衝撃圧 P_{sc} 分布およびアルミはく法でとらえた壊食ピット分布を対比した（ m ：弁開度）。これより、 $P_{sc} \geq 70 \text{ MPa}$ の壊食衝撃圧および寸法則を考慮すれば壊食が考えられる $P_{sc} \geq 10 \text{ MPa}$ の壊食性衝撃圧 P_{sc} の存在を確認した。要するに、感圧紙の動的応答性（図4参照）を十分に検討した信頼性の高い壊食または壊食性衝撃圧の空間分布の測定を可能にした。また、壊食衝撃圧を検出した壊食領域は、キャビテーション（図5参照）発生領域の数パーセント

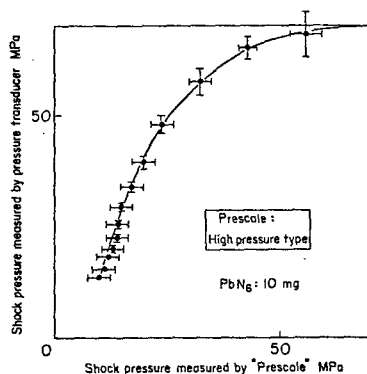
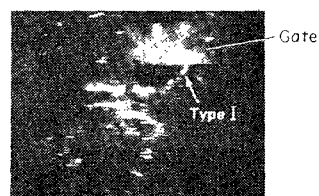
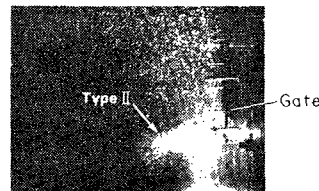


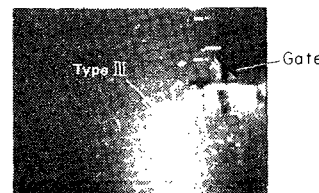
図4 感圧紙の検定曲線



$m=0.100, \sigma=0.33, P_1=410 \text{ kPa}$



$m=0.171, \sigma=0.50, P_1=200 \text{ kPa}$



$m=0.047, \sigma=0.30, P_1=440 \text{ kPa}$

図2 3種のタイプのキャビテーション

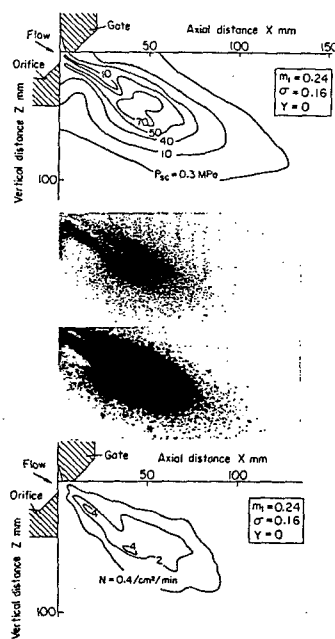


図3 壊食あるいは壊食性衝撃圧の存在

(体積) 以下に限定されていることなどを明示した。

第4章 ジェットフロー形仕切弁まわりのキャビテーションが発生する衝撃圧

本章では、減勢槽底面上の衝撃圧分布を種々の底面位置 Z (図1参照), m において測定を試みた。

まず、被壊食箇所の減勢槽の底面位置を十分仕切弁に近い Z/D_0 (D_0 はオリフィス口径) = 0.82 から設計値の 2.13 まで変えて、 P_{sc} 分布を測定した。その結果、壊食性衝撃圧およびその発生領域はキャビテーション発生領域のごく一部を占めるにすぎないし、 Z の増大とともに急速に減少するから、減勢槽底板を少し下げてやるだけで壊食は回避されることが判った。

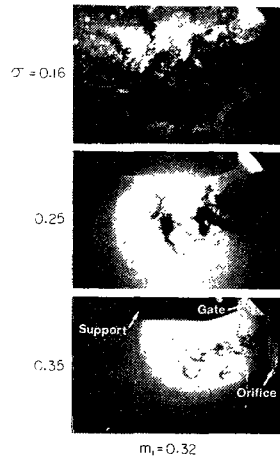


図5 ゲート付近のキャビテーションの様相

第5章 キャビテーション壊食の発達過程の推定法

本章では、実機の運転中における壊食の発達過程の監視法の確立のため、壊食ピットの発生率と壊食性衝撃圧 P_{sc} および音響パルスの衝撃音圧 P_s の相互関係について考察した。

図6の $(P_s)_{max}$ と $(P_{sc})_{max}$ 関係より、弁開度 m_1 にはほとんど無関係に、 $(P_{sc})_{max} \propto (P_s)_{max}^6$ の関係がある。また、壊食ピットの発生率 N_E の速度 n べき則をみると、図7より、 N_E と平均流速 U_T には、 $N_E \propto U_T^{10}$ の n べき則が成立している。したがって、 $(P_s)_{max}$ を受信することによって、壊食の発達過程の判別が可能となった。

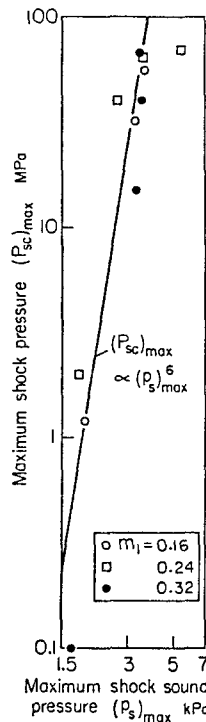


図6 最大衝撃圧と最大衝撃音圧

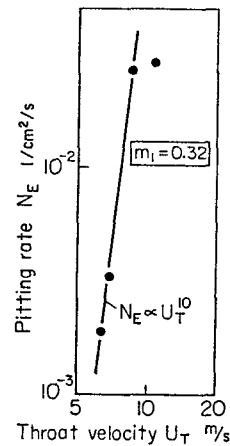


図7 壊食ピットの速度べき則

第6章 減勢ブロックまわりのキャビテーションとその衝撃圧

本章では、減勢槽内の流れを取り上げ、かなり仕切弁に接近している減勢ブロックまわりのキャビテーションの様相と衝撃圧の分布を調べた。

図8には、ブロック側面の P_{sc} の分布を

示す。 A_{sc} とその領域内の最大値 $(P_{sc})_{max}$ および検出領域は、 σ が小さくなるほど、また、 m_1 が大なるほど大になる。また、壊食性衝撃圧の検出面積は、ブロック側面積の高々15%程度（壊食性表面積は更にその数分の1）に留まっていることを見い出した。

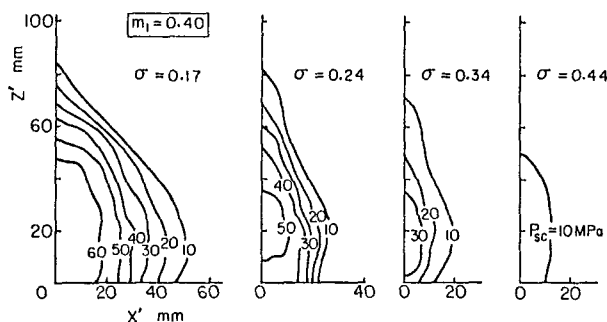


図8 ブロック側面上の衝撃圧分布

第7章 ジェットフロー形仕切弁の水理特性

本章では、実機の仕切弁の水理特性を2種のゲート上流の漸拡管形状（図9参照）について調べた。その結果、上流側漸拡管の形状としては、漸拡角 3.5° の形状が最も流量係数（0.8—0.85）が大きく、気圧低下 h_d と所要給気量 Q_a は $h_d = \alpha Q_a^2$ （ α ：比例定数）で示される。減勢池への影響が少ない下流管長さは管直径の15倍である。微少開度における流芯の傾向は $10^\circ - 15^\circ$ で、放流時の拡散は小さい。そして、仕切弁下流の拡散角を 25° 以上にすれば、下流管を付けない構造では戸溝周辺には有害な負圧は発生しない。また、減勢池の幅は出口口径の4倍が望ましいことなど実用的な設計資料を得ることができた。

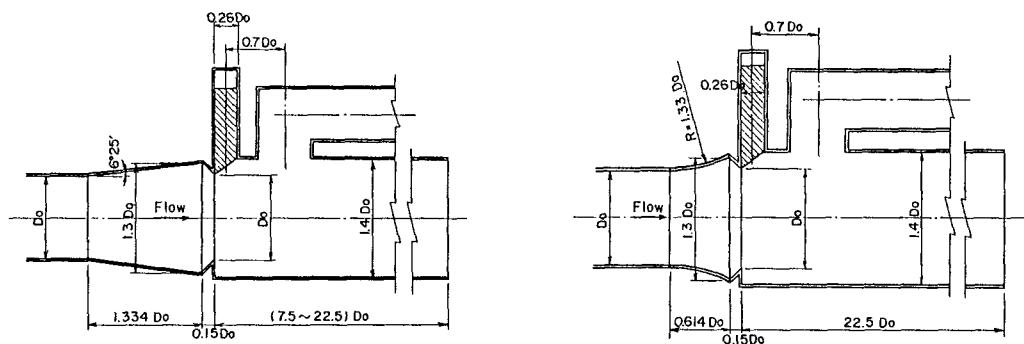


図9 ゲート上流の漸拡管形状

第8章 結 論

本章は結論である。ジェットフロー形仕切弁まわりのキャビテーション特性と水理特性を種々の試験条件下において解明した。そして、実際に役立つ種々の有益な設計資料を得ることができた。

審 査 結 果 の 要 旨

原子力発電所、化学プラント、水道配管網、建築物配管網等には無数の弁が使用されており、その一つでも故障すれば、全体の機能が失われるばかりでなく、時には重大な結果も招来されるから、弁の信頼性向上が緊急課題となってきた。本論文は、優れた水理特性と制御特性のために最近応用されているジェットフロー形仕切弁のキャビテーション特性、壊食性キャビテーションのタイプ、キャビテーション核などの支配因子を明示しつつ、流体力学的に解明し、弁事故の主因とされている壊食を効果的に除去する方途を見だし、弁の信頼性を著しく向上させた研究成果をまとめたもので、全編8章よりなる。

第1章は緒論である。第2章では、キャビテーションの類別化と、騒音ならびに減勢槽内流れパターンの特定とを試みている。本仕切弁には3種のキャビテーションが発生するが、壊食および騒音に支配的に係わっているものは、ゲートとオリフィス刃より発達する自由せん断層内に発生する渦キャビテーションであることを明らかにしている。

第3～4章では、動的応答特性が十分に検定されている感圧紙法ならびにアルミニウム箔法とにより、キャビテーション発生領域内の壊食性衝撃圧の空間分布を精密に測定し、壊食発生領域はキャビテーション発生領域のごく一部分に留まっているので、壊食の有効かつ経済的防止が可能であることを示した。これは重要な知見である。また、壊食の可能性が最大となる減勢槽底面の壊食防止法も確立している。

第5章では、壊食に深く係わる最大衝撃圧と現地で容易に測定できる衝撃音圧との関係を明らかにし、現地での壊食進行過程の監視法を確立した。これは有効な知見である。

第6章では、減勢槽内のオリフィスに接近しておかれた減勢ブロック表面の衝撃圧分布を測定し、ブロック表面の壊食性領域は全表面のごく一部に限定されている事実を見だし、減勢槽の小形・経済化の可能性を示した。

第7章では、ジェットフロー形仕切弁の総合水理特性を明らかにし、また、実用的な高性能弁を提案している。さらに、模型と大寸法の実用弁の試験結果が良く一致することを示し、弁模型試験法にも寄与している。

第8章は結論である。

以上要するに本論文は、ジェットフロー形仕切弁のキャビテーションならびに水理特性を実験的に解明し、弁の信頼性を向上させたもので、流体力学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。